

COLECCIÓN PERMACULTURA

14



# BIOGÁS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

COLECCIÓN PERMACULTURA

Desgravación del curso de permacultura
Prof.: Antonio Urdiales Cano

www.permacultura.com.ar

info@permacultura.com.ar

Tel.: 011-4709-7675

ACLARACIÓN:
La palabra PERMACULTURA esta registrada. El autor de esta obra está autorizado a usarla.

DMDA 940856
Reproducción prohibida

# PERMACULTURA

# BIO DIGESTORES

## I- Introducción

Aquí vamos a tratar sobre la producción de gas combustible aprovechando los desechos humanos, animales y vegetales.

Antes de comenzar hay que decir que este tema no es caro de aplicar, pero sí es complicado, y que los desechos diarios de una persona apenas alcanzan para calentar una pava por día, sin hervir.

De modo que, para entrar en tema, hay que contar con suficiente material animal o vegetal. En caso de no contar con un chancho grande o dos vacas o un criadero de aves se recomienda usar leña.

### *La producción de biogás.*

Existe un grupo de microorganismos metanogénicos de la familia Metanobacteriaceae que, al actuar sobre los desechos orgánicos, sean vegetales o animales, producen una mezcla de gases que, en conjunto, han recibido el nombre de biogás. Dichos organismos son anaeróbicos estrictos, es decir, solamente pueden vivir y proliferar en un medio exento de oxígeno (fermentación anaeróbica).

Este proceso de fermentación anaeróbica puede lograrse mediante la utilización de un sistema herméticamente cerrado y dentro del cual se coloca el material orgánico a fermentar, mezclado con agua. Al ocurrir la fermentación, en ausencia de aire, se liberan metano, hidrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono y ácido sulfhídrico, de los cuales el metano se presenta en una proporción que va desde un 55% a un 70%. La concentración de metano permite que el biogás sea utilizable como combustible.

### *Y de yapa.*

Por otro lado, los residuos de la fermentación (efluentes) contienen una alta concentración de nutrientes para la tierra, lo cual los hace susceptibles de ser utilizados como un excelente fertilizante que puede



ser aplicado en fresco, ya que el proceso de la digestión anaeróbica, una vez terminada, entrega substancias inorgánicas y fibra. Por lo tanto no deja malos olores, no atrae moscas ni contiene huevos de parásitos. Contiene no solamente los llamados nutrientes mayores como nitrógeno, fósforo y potasio, sino los menores como calcio, magnesio, azufre, boro, zinc, cloro, hierro, etc. amén de hormonas para el crecimiento vegetal; todo en proporciones muy cercanas a lo que necesitan las plantas.

Si pensamos en la producción de gas, hace falta cantidad de material, conocimiento y controles permanentes pero si pensamos en producir fertilizante no hacen falta cuidados ni conocimientos, y no importa si es poco el material con que contamos.

Composición química del estiércol procesado mediante diferentes tratamientos

| **Clase de abono** | **Nitrógeno** | **Fósforo** | **Potasio** |
|---|---|---|---|
| Estiércol amontonado | 0,50% | 0,30% | 0,60% |
| Pila de compost | 1,25% | 0,95% | 0,94% |
| Compost de compostera | 1,90% | 0,80% | 0,80% |
| Sistema biológico anaeróbico | 3,80% | 2,00% | 6,40% |

Tomado de Penagos, 1967

Los costos de construcción de los digestores son bastante aceptables y prontamente recuperables, lo cual hace factible que sean utilizados acoplándolos a sistemas integrados de producción agrícola y ganadera.

### *En China: Más que una moda.*

Es necesario mencionar el esfuerzo que China ha realizado para desarrollar y aprovechar esta tecnología, la cual nos permite comenzar a partir de la experiencia acumulada de ellos. El crecimiento mas intenso tuvo lugar en la provincia de Schezuan, en la China central, lo que sorprende, pues también tiene la mayor cantidad de pozos de gas natural de todo el país. Para fines de 1974 la provincia tenía 100.000 técnicos básicos preparados en la construcción de digestores y estuvieron ocupados en la instalación de sistemas de metano a ritmo extraordinario.

Cantidad de digestores en China

| **Año** | **Cant.** |
|---|---|
| 1973 | 30.000 |
| 1974 | 209.000 |
| 1975 | 480.000 |
| 1977 | 4.300.000 |
| 1978 | 7.000.000 |
| 1990 | 10.000.000 |

En Mienyang, una provincia de Schezuan, se dice que hay 100.000 digestores, y que el 76% de la población utiliza biogás para cocinar y alumbrar. Anteriormente 37 de las 45 comunidades de la provincia carecían de energía.

*Acotación de Miller 1976 (de "Los Biodigestores" un cuadernillo del CETAL).*

Según Miller (1976), en una conferencia dictada en la provincia de Homan, se mencionaron las siguientes ventajas como las principales en el uso de los digestores:



1- Economiza combustible.

2- Ahorra mano de obra (usada normalmente en la recolección de leña y producción de carbón).

3- Ahorra leña y hierbas que están desapareciendo rápidamente en las zonas más pobladas.

4- Deja criar pienso para el ganado, especialmente para cerdos y animales de tiro.

5- Reduce costos para los miembros de la comuna al reducir el gasto en combustibles y fertilizantes.

6- Alivia el trabajo de las mujeres al cocinar con gas.

7- Promueve la mecanización de las zonas rurales.

8- Las ventajas de traer más combustibles al campo, así como mejorar las posibilidades de fertilizantes, no pueden sino ser beneficiosos para una nación en que cuatro de cinco personas están llevando una existencia rural.

### *El proceso de transformación*

Para empezar vamos a hacer otra vez una distinción entre lo que es sustancia orgánica e inorgánica:

Sustancia orgánica es la que se formó como cuerpo vivo: Vegetales, animales, madera, papel, también el petróleo y sus derivados son orgánicos. Inorgánicos son los que no tienen ni tuvieron vida: Hierro, ceniza, arena, agua, etc. Para saber si una sustancia es orgánica o inorgánica la ponemos al fuego: Si arde y produce carbón es orgánica. Sabemos que las plantas se alimentan exclusivamente de sales minerales inorgánicas. Para transformar el material orgánico en inorgánico hay tres procesos posibles: Uno es quemarlo, con lo que se obtiene ceniza. Otro es "compostar" con presencia de oxígeno obteniendo humus y por último tenemos la fermentación anaeróbica con total ausencia de oxígeno,

que es nuestro tema, y con la cual se obtiene gas combustible y barro fertilizante.



# II- Hablemos de bacterias

Cuando hablábamos de compost distinguíamos cuatro grupos de bacterias, en "Bacterias para la salud" distinguíamos dos, y ahora, para entender la producción de biogás, necesitamos distinguir nueve grupos distintos. Todas las bacterias mesófilas viven a temperatura ambiente. A más de 37 ºC mueren y dejan el lugar a las termófilas. Las bacterias termófilas viven a altas temperaturas y mueren cuando el material se enfría. También las hay que viven en el frío, estas son las psicófilas se desarrollan por debajo de los 20ºC. En la primera columna, todas las bacterias son aeróbicas y viven en presencia de oxígeno, dan un olor agradable (tierra fértil) producen dióxido de carbono $CO_2$. Se mueren cuando falta el oxígeno.

| Aeróbicas | Anaeróbicas | |
|---|---|---|
| Aeróbicas termófilas | Facultativas termófilas | Metanogénicas termófilas |
| Aeróbicas mesófilas | Facultativas mesófilas | Metanogénicas mesófilas |
| Aeróbicas psicófilas | Facultativas psicófilas | Metanogénicas psicófilas |

En la columna del centro, las facultativas son bacterias anaeróbicas que viven cuando se acaba el oxígeno libre que contiene el aire y el agua que acompaña el material orgánico, pero consiguen oxígeno de la misma descomposición del material. Estas dan olor a podrido y son peligrosas para la salud. Producen ácidos y alcoholes que son la materia prima para la elaboración de gas. Por último tenemos a las bacterias metanogénicas, que son estrictamente anaeróbicas. Éstas mueren con ínfima cantidad de oxígeno, dan muy poco olor, un olor suave entre barro podrido y pólvora, producen gas metano y a veces un poco de nitrógeno e hidrógeno.

## *Casi inmortales*

Todas las bacterias al morir dejan algo así como una semilla llamada "espora". Las esporas son más pequeñas que las bacterias y están por todas partes: Están en el aire, en nuestra piel, en los alimentos. Lo que hace que



aparezcan unas u otras bacterias son las condiciones de temperatura, humedad y alimentación adecuadas para ellas. De modo que no hay que inocular bacterias sino poner nuestra atención en las condiciones que favorecen la existencia de las bacterias que queremos. La alimentación de todas las bacterias tiene en común la necesidad de humedad, temperatura y, muy especialmente, calcio y fósforo, además de otros minerales específicos que son distintos para cada especie.

Cualquier reacción bioquímica tiene varios pasos. Por ejemplo: Un paso es agregar oxígeno, otro reemplazar una valencia, otro dividir una molécula, y otros. Existe una bacteria para cada uno de estos pasos, y ninguna puede hacer otra cosa. Por ser las bacterias seres tan sencillos, solo tienen una enzima para catalizar un paso de una reacción química; de modo que si falta una especie de banteria, se corta todo el proceso. Muy pocas bacterias tienen dos o tres enzimas.

## *Superbacterias*

Las bacterias aeróbicas se reproducen rápidamente gracias a su alta tasa y a lo corto del ciclo reproductivo. Pueden colonizar todo el material en dos o cuatro días, según las condiciones ambientales. Resisten fuertes cambios de pH y de temperatura. Se relevan rápidamente entre mesófilas, termófilas y viceversa. Son eficaces a temperaturas extremas, desde trabajar en tierras cubiertas de hielo hasta provocar incendios. Resisten todo menos una sola cosa: La falta de oxígeno.

### *Las asquerosas*

Las facultativas son altamente peligrosas. Basta mencionar: Clostridium Botulismo, Clostridium Tétanos, Clostridium Gangrena. Se las identifica fácilmente por el olor repugnante. Nuestro olfato nos dice que cuidemos distancia, que no toquemos, y hay que hacerle caso. Estas bacterias tienen más alta tasa, y ciclo reproductivo más corto que las aeróbicas. Admiten menor rango de temperatura, el frío les baja la velocidad de alimentación y reproducción. Las facultativas mesófilas son las que producen olor a podrido en la bolsa de la basura y las psicófilas el mal olor de la heladera. En cuanto a temperaturas altas llegan hasta los 60 ºC, resisten bruscos cambios de pH y de temperatura. El oxígeno libre del aire o del agua las fulmina en segundos.

Uno se pregunta para qué existen estas cosas terribles, pero son necesarias. Las facultativas mesófilas viven en nuestros intestinos y las psicófilas producen cervezas y vinos de calidad.

### *Las delicadas*

Las bacterias metanogénicas, que son las que nos interesan en este caso, tienen baja tasa reproductiva, ciclo reproductivo de cinco o siete días, no se instalan en el material hasta que no haya desaparecido todo rastro de oxígeno libre, compuestos oxidantes y estén presentes los ácidos y los alcoholes. Es decir: Hasta que no hayan terminado su ciclo las bacterias facultativas. Los cambios de temperatura las matan, el pH debe estar entre 6.5 y 8.0. cualquier ínfima cantidad de oxígeno las inhibe.



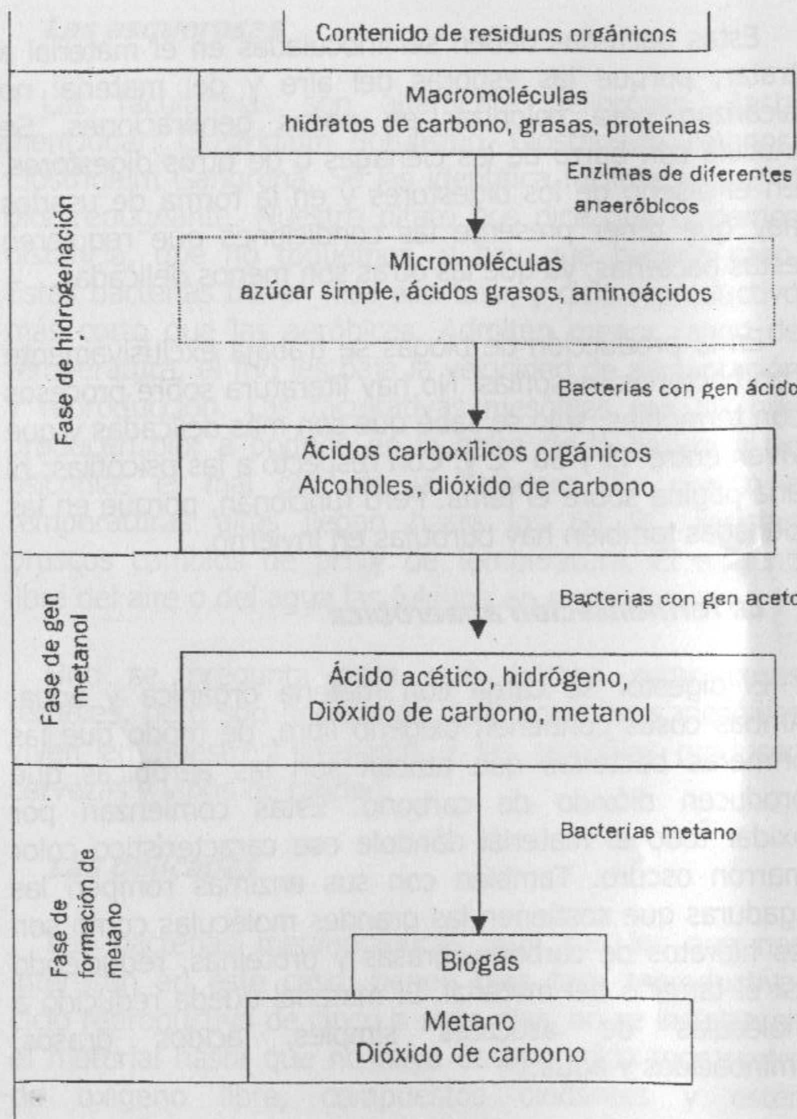
Estas bacterias deben ser inoculadas en el material a tratar, porque las esporas del aire y del material no alcanzan para colonizar en pocas generaciones. Se inocula con barro de las ciénagas o de otros digestores. En el diseño de los digestores y en la forma de usarlos hay que tener presente las condiciones que requieren estas bacterias, ya que las otras son menos delicadas.

En la producción de biogás se trabaja exclusivamente con bacterias mesófilas. No hay literatura sobre procesos con termófilas, solo se sabe que son más delicadas y que viven entre 45 y 60 ºC y. Con respecto a las psicófilas: ni una página sobre el tema. Pero funcionan, porque en las ciénagas también hay burbujas en invierno.

### *La fermentación anaeróbica*

El digestor se carga con materia orgánica y agua. Ambas cosas contienen oxígeno libre, de modo que las primeras bacterias que atacan son las aeróbicas que producen dióxido de carbono. Éstas comienzan por oxidar todo el material dándole ese característico color marrón oscuro. También con sus enzimas rompen las ligaduras que sostienen las grandes moléculas como son los hidratos de carbono, grasas y proteínas, reduciendo así el tamaño del material. El material queda reducido a moléculas de azúcares simples, ácidos grasos, aminoácidos y agua.

Si no falta el oxígeno las bacterias aeróbicas pueden continuar degradando hasta llegar a la sustancia inorgánica. Hay que hacer todo lo posible para que falte el oxígeno lo antes posible; cuanto más se demore habrá menos metano y más dióxido de carbono.




*Proceso de transformación completo*

Cuando comienza a escasear el oxígeno libre toman posesión del material las bacterias facultativas con gen ácido, y siguen dividiendo las moléculas hasta llegar a ácidos carboxílicos orgánicos, alcoholes, dióxido de



carbono y agua. Luego otro grupo de bacterias con gen aceto produce ácido acético, dióxido de carbono y alcohol metílico. A esta altura ya no queda oxígeno. Por último actúan las metanogénicas, que producen metano, un poco de hidrógeno, y agua.

### *No tan así*

Lo dicho sirve para entender, pero no es así, porque existe una extrema interdependencia entre cada grupo de bacterias. Mientras las facultativas productoras de ácidos suprimen el oxígeno y producen alimento que permite la vida de las bacterias metanogénicas, estas últimas eliminan los desechos ácidos y evitan que el medio se vuelva agresivo para las facultativas y para las propias metanogénicas. Si faltan las últimas se detienen las penúltimas a causa del ácido y el alcohol.

# III- Control

## *Cantidad y calidad del biogás.*

La cantidad del biogás producido depende de varios factores, principalmente de la cantidad de materia orgánica disponible, del grado de biodegradabilidad de la misma, de la temperatura dentro del digestor, la presencia de bacterias metanogénicas, la proporción apropiada líquido-sólido, de la proporción Carbono / Nitrógeno C/N, y del régimen de carga del digestor. Cada uno de estos factores los vemos a continuación.

## El material usado

| Material | Rendimiento (en $m^3$ por Kg de material) |
|---|---|
| Estiércol de gallina | 0,13 |
| Estiércol de pollo de corte con cama | 0,15 |
| Estiércol de chancho | 0,21 |
| Estiércol fresco de vaca | 0,04 |
| Estiércol de vaca +50% bagazo de caña | 0,05 |
| Bagazo de caña expuesto un mes al aire | 0,02 |
| Cáscara de banana | 0,04 |
| Cáscara de café molida | 0,13 |
| Cáscara de arroz molida | 0,01 |
| Fibra de algodón | 0,13 |

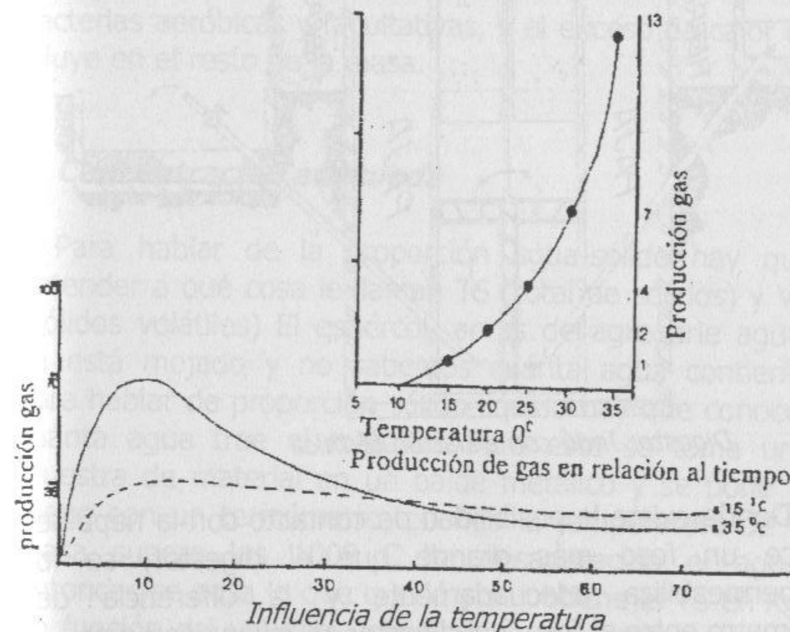
*Producción de gas en función del material utilizado*

## La temperatura

Solo hay experiencia en fermentación con bacterias mesófilas. En la etapa de fermentación ácida, la temperatura influye poco, pero en la metanogénica es un tema decisivo. De 35 a 28 ºC la producción de biogás disminuye a la mitad, y de 35 a 22 ºC se reduce a un cuarto. De modo que conviene mantener la temperatura alta; pero cuidado: a más de 37 ºC mueren las bacterias productoras de gas. Por ese motivo es complicado el manejo de la fermentación.

El tiempo de residencia del material en el digestor es mayor cuanto más lento sea el proceso y cuanto más lento sea, tanto más grande debe ser el digestor.



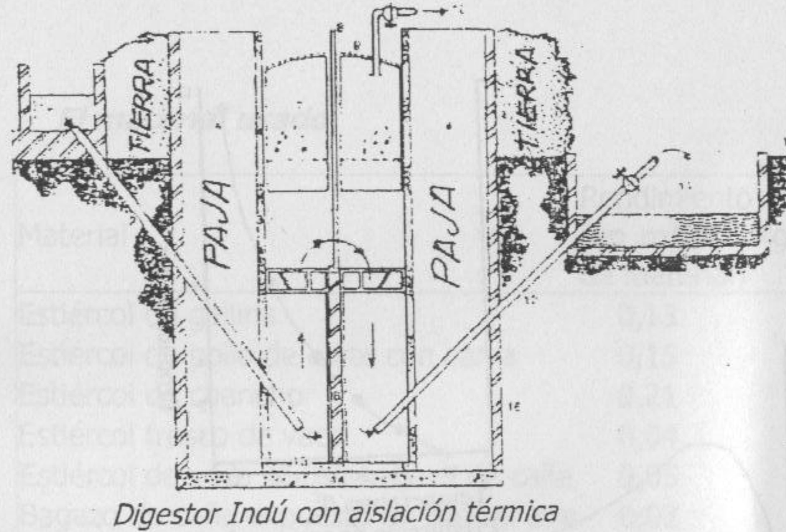



*Influencia de la temperatura*

Si utilizamos calefacción sin aislación térmica, tenemos buena temperatura alrededor de los caños y no en el resto del material, si usamos mayor temperatura, matamos bacterias en el entorno de los caños sin que el calor llegue en forma pareja a todo el digestor.

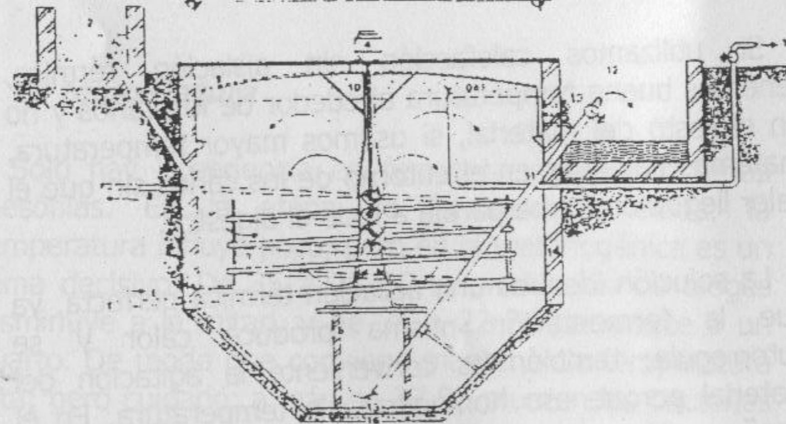
La solución ideal es una aislación térmica perfecta, ya que la fermentación misma produce calor y se autorregula; también es conveniente la agitación del material porque eso homogeniza la temperatura. En el diseño y la construcción del digestor es fundamental resolver correctamente el tema de la temperatura.

La mayoría de los digestores se construyen bajo tierra para conseguir reparo de las condiciones climáticas, pero eso mismo puede ser un problema cuando sube la napa de agua.




*Digestor Indú con aislación térmica*

Donde existe la posibilidad de contacto con la napa se hace un foso más grande que el digestor, se lo impermeabiliza adecuadamente y la diferencia de diámetro entre el foso y el digestor se rellena con paja.



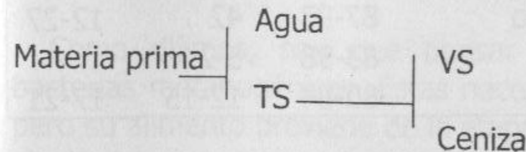
*Digestor con calefacción*

Otra cosa importante es precalentar el material antes de proceder a la carga. La temperatura de éste puede ser de 40 ºC ya que en el comienzo va a alimentar a bacterias aeróbicas y facultativas, y el exceso de calor se diluye en el resto de la masa.

## *Concentración adecuada*

Para hablar de la proporción agua-sólido hay que entender a qué cosa le llaman TS (total de sólidos) y VS (sólidos volátiles) El estiércol, antes de agregarle agua, ya está mojado y no sabemos cuánta agua contiene. Para hablar de proporción sólido-líquido hay que conocer cuánta agua trae el material. Para esto se toma una muestra de material en un balde metálico y se pone al fuego con un termómetro, cuando la temperatura de la masa supera los 100º C ha desaparecido el agua. Entonces se pesa lo que quedó y se obtiene el TS en Kg. en función del volumen inicial, si es que vamos a medir en volumen, o en función del peso inicial si vamos a usar balanza.

El VS es otra cosa y es específico de cada material, no depende de si llovió o estuvo con sol. Es la parte del material que se va a transformar durante el proceso de digestión. Es como el humo blanco que produce la leña antes de hacerse carbón. Para medirlo, a la misma muestra que habíamos calentado y pesado, ahora se la deja una hora a 550º C y se la vuelve a pesar. La pérdida de peso es el VS. Cuanto más VS tenemos mayor cantidad de gas va a dar el material.



Una vez conocida la proporción TS / agua de cada componente al ingresar al digestor nos falta saber cuánta agua hay que agregar al material para llevarlo a la relación TS / agua que se considera óptima para la fermentación y está en la primera columna de la tabla. Cuanto más alta sea la concentración de sólido en agua mayor será la tasa de metano génesis por volumen de digestor y menor será la tasa por Kg. de carga.

Se utilizan concentraciones que van desde el 6% al 30%. En China se cargan los digestores de Batch con rastrojo con una concentración de 5% a 10% en el ciclo verano-otoño y más de 10% en invierno.

Para cargar en forma aproximada sin ensayo ni balanza se puede trabajar midiendo en volumen con los siguientes datos aproximados de la tabla que nos da el TS, el VS y la proporción Carbono Nitrógeno:

*Proporciones de los materiales en peso para 100 Kg. de carga*

| Material | TS | SV | C / N |
|---|---|---|---|
| Estiércol de cerdo | 77-85 | 5-7 | 8-15 |
| Estiércol de pollo | 76-83 | 18-32 | 7-10 |
| Estiércol de cabra | 72-84 | 25-30 | 14-25 |
| Estiércol de caballo | | 28 | 18-35 |
| Hojas y raíces | 78,5 | 16 | 14-18 |
| Cáscara de papa | 79 | 25 | 17-25 |
| Lodo activado | 65-80 | | 10 |
| Residuos de cereales | 87-90 | 5-8 | 10-11 |
| Desechos de verduras | 78 | 10-20 | 15 |
| Residuos de frutas | 93 | 45 | 50 |
| Residuos de comida | 90-95 | 9-18 | 15-20 |
| Corte verde fresco | 87-93 | 42 | 12-27 |
| Lodo flotante | 83-98 | 5-24 | |
| Tripas de cerdo | 80-84 | 12-15 | 17-21 |
| Grasa cortada | 90 | 35-70 | |
| Grasa flotante | 96 | 83-98 | |



*Fuente: Universidad Estadual Paulista*

## *Proporción C / N*

Igual que en el compost, también aquí hay una relación óptima, que es de 20 a 25 partes de carbono por cada una de nitrógeno. En la tabla anterior se muestra la relación C / N para algunos materiales. De ella se desprende que la mayoría están por debajo de la óptima; por ese motivo al estiércol hay que agregarle paja o algún desecho rico en carbono.

Mezclando 1 Kg. TS de estiércol de cerdo con 1 Kg. TS de paja nos da una proporción:

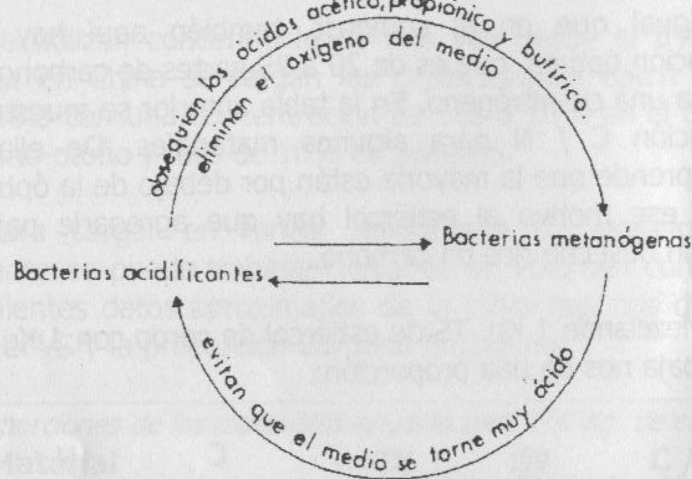
| | C | N |
|---|---|---|
| 1 Kg. de estiércol de cerdo: | 10 | 1 |
| 1 Kg. de paja seca: | + 80 | +1 |
| Total: | 90 | 2 |
| Todavía es alta | | |
| 3 Kg. de estiércol de cerdo: | 30 | 3 |
| 1 Kg. de paja seca: | +80 | +1 |
| Total: | 110 | 4 |

Esto es 110/4=27,5 de C / 1 de N y mejoramos la proporción C / N

## *Control de pH*

Como dijimos, hay que pensar en proteger a las bacterias metanogénicas. Éstas necesitan de un pH alto, pero su alimento proviene de la etapa ácida. Lo que sube el pH del material son las mismas bacterias gasíferas al

consumir los ácidos que van llegando a ellas. Si la velocidad de eliminación de ácidos es mayor o igual que la producción, la etapa final se desarrolla bien. Cuando las metanogénicas se inhiben por un cambio brusco de temperatura disminuye el pH, esto termina de destruir nuestras delicadas bacterias. El control del pH se reduce al cuidado de las condiciones de temperatura, falta de oxígeno y un régimen de carga regular.

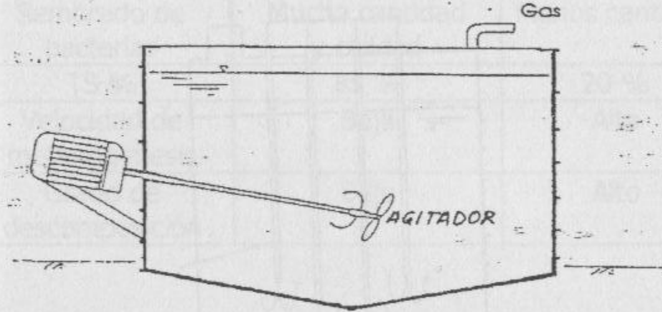



En los digestores continuos puede bajar el pH por una carga demasiado grande. Por ejemplo: Un digestor continuo no se carga por 5 días por algún motivo y al 6º día se le pone la carga de los 6 días toda junta; esto aumenta el contenido de oxígeno, baja la temperatura y descompensa el pH.

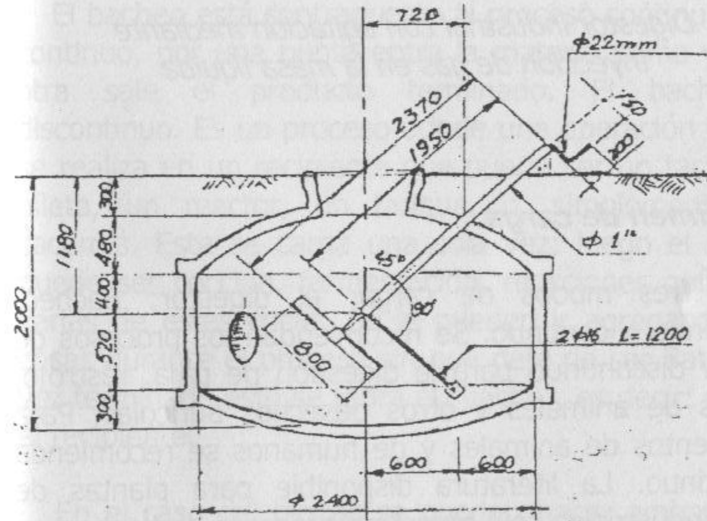
### Modos de agitación

Se utilizan agitadores para activar la fermentación, aumentando la producción, y reduciendo el tiempo de residencia del material en el tanque digestor. Hay agitadores mecánicos movidos a mano o a motor.

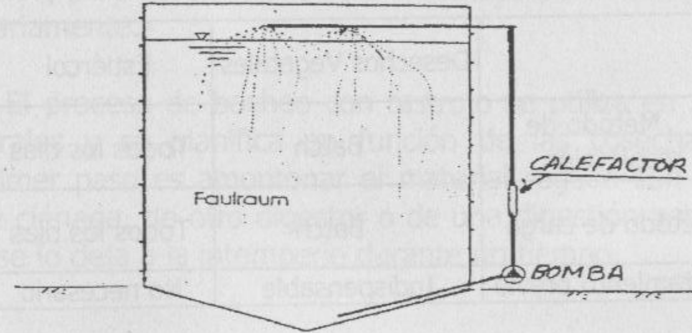




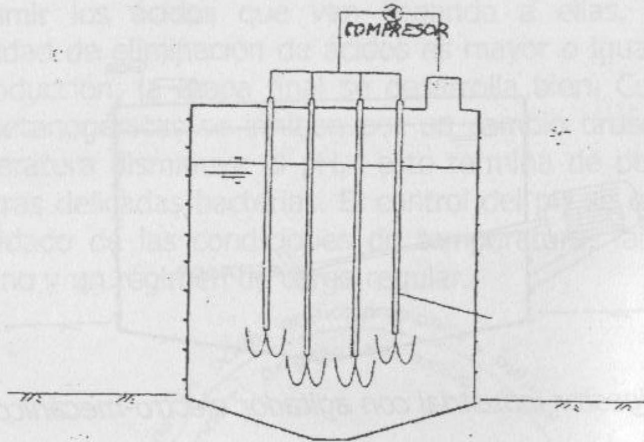

*Digestor industrial con agitador electro-mecánico*




*Digestor chino con agitador manual*




*Agitación mediante el bombeo de líquido*




*Digestor industrial con agitación mediante inyección de gas en la masa líquida*

## *Régimen de carga*

Hay tres modos de cargar el digestor: Bacheo, discontinuo y continuo. Se recomiendan los procesos de Batch y discontinuo para la digestión de paja, rastrojo, vísceras de animales y otros desechos agrícolas. Para excrementos de animales y de humanos se recomienda el continuo. La literatura disponible para plantas de biogás industriales solo muestran procesos de bacheo en grandes tanques aislados y calefaccionados.

| | Desechos Vegetales | Estiércol |
|---|---|---|
| Método de recolección | Batch | Todos los días |
| Método de carga | Batch | Todos los días |
| Tratamiento previo | Indispensable | No necesario |



| | | |
|---|---|---|
| Sembrado de bacterias | Mucha cantidad y calidad | Menos cantidad |
| TS % | 85 % | 20 % |
| Velocidad de metanogénesis | Baja | Alta |
| Grado de descomposición | Bajo | Alto |

## *Proceso de Batch o bacheo*

El bacheo está contrapuesto al proceso continuo. En el continuo, por una punta entra la materia prima y por la otra sale el producto terminado. El bacheo es discontinuo. Es un proceso donde una operación química se realiza en un recipiente que puede ser un tacho, una pileta, un reactor, un tanque, o, simplemente, una cacerola. Este se carga una sola vez; luego el proceso puede ser cocción, fermentación, reacciones químicas o varias de estas cosas. Se le pueden ir agregando otras cosas durante el proceso sin que deje de ser Batch. Una vez terminado esto se retira el "bache", es decir: se vacía el recipiente.

En el caso del biogás se pueden hacer ambas cosas. Por eso el digestor chino tiene una boca de carga por arriba, para carga total y otra al costado para ir cargando diariamente.

El proceso de bacheo con rastrojo se utiliza en zonas rurales y se planifica en función de las cosechas. El primer paso es amontonar el material regado con lodos de ciénaga, de otro digestor o de una digestión anterior; y se lo deja a la intemperie durante un tiempo.

En ese período comienza la degradación del material con bacterias aeróbicas que desarman las moléculas grandes. En el mismo lapso las bacterias Citophoras y Sporocitophoras destruyen gran parte de la celulosa convirtiéndola en azúcares.

Este tratamiento dura aproximadamente una semana; está terminado cuando la totalidad del material ha tomado el color del lodo con que lo regamos. Conviene darlo vuelta cada tanto y mantenerlo húmedo durante todo el tiempo y bien mojado las últimas 48 horas. Con esto se llena el digestor y se completa con agua.

| Tiempo de tratamiento | Pérdida de TS | Pérdida de N | Pérdida de N rápido efecto |
|---|---|---|---|
| 5 días | 9,60% | 17,05% | 45,27% |
| 10 días | 26,70% | 21,43% | 46,00% |
| 15 días | 33,30% | 23,81% | 52,60% |

*Efecto del tratamiento previo*
*Del curso de Biogás de Chengdu, China*

El lodo para siembra de bacterias debe ser extraído del fondo del digestor, donde se encuentra la mejor calidad. A continuación se muestra el rendimiento de un digestor comparado con otro sin siembra de bacterias.

| Material de sembrado | Tasa de producción de gas |
|---|---|
| Capa superior del tanque | 200% |
| Capa intermedia | 226% |
| Capa baja del tanque | 262% |



También la cantidad de sembrado tiene que ver con la cantidad de gas producido.

| Cantidades sembradas | 10% | 30% | 50% |
|---|---|---|---|
| $m^3$ / Kg. TS | 0 | 0,155 | 0,245 |

***Discontinuo***

Se carga en tres veces, con una o dos semanas de diferencia, y se inocula solo la primera vez. Una vez que decae la producción de gas se descarga del todo.

Para entender por qué se utiliza este método en el campo hay que tener en cuenta que el rastrojo se consigue en cantidades durante la cosecha y el estiércol no, de modo que es difícil corregir la proporción C / N de la carga. Por eso se prepara una mezcla con todo el estiércol que hay y luego se espera a tener más estiércol.

| Densidad inicial (%) | Magnitud de carga (Kg. TS) | Densidad de carga (%) | Densidad digestor (%) | Producción de gas ($m^3$ / día) |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 40 | 5 | 1 | 1,2 |
| 6 | 40 | 7 | 1 | 1,4 |
| 10 | 40 | 5 | 1,5 | 1,3 |
| 10 | 40 | 8 | 2 | 1,5 |

*Carga típica de un digestor discontinuo en Chengdu Carga inicial: 5,000 Kg. x 6% = 300 Kg .TS*

Actualmente en China dejó de usarse el discontinuo, se utiliza el bacheo con rastrojo de una sola carga, y lo que falta de N se compensa agregando fertilizantes

nitrogenados. Se realiza una vez por año en el norte de China y dos veces en el sur. El proceso de verano-otoño dura 100 o 110 días y el de invierno-primavera dura de 210 a 260 días.

### *Continuo*

En los casos en que se cuenta con una fuente de material en forma permanente como en un tambo, un chiquero o criadero de aves, o hay disponibilidad permanente de materia vegetal, se utiliza el proceso continuo. Este es el mejor, porque la cantidad de carga es pequeña con respecto al contenido del digestor. Por eso el agregado de oxígeno y de frío del material crudo es poco en relación al volumen total. También las bacterias metanogénicas están más protegidas y tienen tiempo de reproducirse.

El tamaño del tanque se calcula en función de lo que se agrega por día. Éste volumen es igual al volumen de la carga diaria por el tiempo de residencia, pero el material se va achicando permanentemente legando a un volumen casi despreciable. Por eso al producto del volumen acumulado en el tiempo de residencia se lo divide por dos. Si quiere ser más exacto súmele el volumen final:

Vd = Vcd x R/2 donde:

Vd: Volumen del digestor.
Vcd: Volumen de la carga diaria.
R: Tiempo de residencias del material en días.

Si el tiempo de residencia es de 40 días, el volumen del digestor es 20 veces mayor que el de la carga diaria.



### *Preparación de la carga*

Además de lo dicho con respecto a la concentración y proporción C / N hay que distinguir ahora entre dos tipos de carga: Por un lado los estiércoles y por otro los desechos agrícolas como pasto, poda, residuos y vísceras. La diferencia consiste en que los primeros han pasado por un aparato digestivo y los segundos no. Al pasar por un intestino se ha producido una primera parte de la digestión, de modo que la preparación es distinta.

Para los desechos agrícolas y vísceras en general hay que preparar la mezcla, que depende del material disponible en el lugar; corregir la proporción C / N, agregar inoculante y minerales, y dejar el material amontonado entre 3 y 7 días para que las bacterias hagan la pre-digestión. Luego se agrega el agua, se mezcla bien y se carga el digestor. Siempre conviene precalentar la carga.

Si se trata de estiércoles se corrige la proporción C / N con el agregado de paja, hojas o pasto seco, se corrige la proporción de agua, el material es amasado, precalentado y cargado. La carga, por lo general, es mixta: Estiércol sin tratamiento previo y rastrojo fermentado. Las bacterias necesitan minerales, de modo que en el fondo del digestor debe tener piedras y arena, o se puede agregar cal o ceniza.

**Carga ideal**

| | |
|---|---|
| Paja (TS = 87 %) | 100 Kg. |
| Estiércol porcino (TS = 20 %) | 300 Kg |
| Material de sembrado (TS = 16 %) | 150 Kg |
| Cal | 5 Kg |
| $NH_4HC_3$ | 2 Kg |

# IV- Características del biogás

El biogás, como hemos dicho, es la mezcla que se produce durante la fermentación anaeróbica y está compuesto por metano ($CH_4$), hidrógeno ($H_2$), nitrógeno($N_2$), dióxido de carbono ($CO_2$)y trazas de ácido sulfhídrico ($SH_2$). De ellos el metano se presenta en una proporción que va desde un 40% a un 75%.

### *Composición del biogás*

| | |
|---|---|
| Metano ($CH_4$) | 60-74 Vol. % |
| Dióxido de carbono | 25-40 Vol. % |
| Otros gases | 0-3 Vol. % |

Lo óptimo sería que esta mezcla fuera purificada en forma sucesiva con el fin de eliminar el $CO_2$ y el $H_2S$

porque los gases impureza que contiene cambia sus propiedades y baja las calorías, especialmente el $CO_2$

| | Unidad | Biogás | Gas Natural | idróg. |
|---|---|---|---|---|
| Calorías por volumen | KWh/$m^3$ | 7,0 | 10 | 3 |
| Calorías por peso | KWh/Kg | 6,4 | 14,3 | 33 |
| Mezcla explosiva | % | 6-12 | 6-15 | 4-80 |
| Temp. de encendido | C° | 687 | 650 | 585 |
| Velocidad de llama | m / s | 0,32 | 0,39 | 0,43 |

*Propiedades comparadas*

Al extraer el $CO_2$ aumenta el contenido energético específico, y al eliminar el $SH_2$ se prescinde de uno de los principales factores corrosivos que afectaría a las instalaciones del digestor, tales como las líneas de conducción y almacenamiento de gas que generalmente son metálicas. Lo ideal sería obtener un gas carente de $CO_2$ y de $SH_2$, porque con una concentración de metano cercana al 70% tenemos un poder calórico aproximado de 5780-6230 Kcal/$m^3$, mientras que el poder calórico del gas natural es de 8900 Kcal/$m^3$.

## Aplicaciones del biogás

*a) Para cocinar.*

Una hornalla con la entrada de aire bien ajustada nos da una llama azul, exenta de humo, que no ensucia los trastos y que alcanza temperaturas de 800-850ºC. El consumo de una cocina se calcula 0.33 a 0.42 $m^3$ por día por persona. Conviene utilizar quemadores cerámicos en vez de metálicos para evitar el deterioro de los mismos por la corrosión del $SH_2$. Más adelante veremos fórmulas de composición de cerámicas usadas en China para ese fin.



*b) Para iluminación.*

Una lámpara que normalmente utiliza gas butano puede ser adaptada a biogás y dar un buen rendimiento. La luz que produce este tipo de lámparas adaptadas es de menor intensidad y brillantez pero, sin embargo, es una iluminación aceptable. Estas lámparas consumen entre 0.07 y 0.08 $m^3$ de gas por hora por lámpara y poseen una intensidad de 100 bujías.

*c) Para frío.*

En caso de utilizar biogás para alimentar una heladera se calcula el consumo en 0.008 $m^3$ por litro de volumen de la heladera por día.

*d) Incubadora.*

Se calcula el consumo entre 0.49 y 0.71 $m^3$ de gas por $m^3$ de espacio en la incubadora por día.

*e) Estufa*

0.39 a 0.52 $m^3$ por hora.

*f) Ducha.*

0.75 $m^3$ por baño por persona.

*g) Para grupo electrógeno.*

Entre 0.9 y 1.2 $m^3$ por kW por hora.

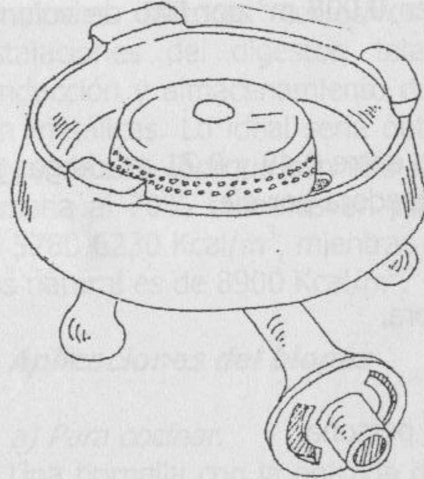
*h) Fuerza motriz.*

Para esto el biogás tiene que ser refinado primero, eliminándole el vapor de agua, dióxido de carbono y las trazas de sulfuro de hidrógeno que contiene. El consumo es de 0.45 $m^3$ por HP por hora para motores a nafta.

## R e s u m e n :

| | |
|---|---|
| Cocina | 0,33 $m^3$ / día / persona |
| Iluminación | 0,07-0,08 $m^3$ / hora / lámpara |
| Heladera | 0,008 $m^3$ / día / litro de capacidad |
| Incubadora | 0,49-0,71 $m^3$ / $m^3$ / día |
| Estufa | 0,39-0,52 $m^3$ / día |
| Ducha | 0,75 $m^3$ / baño |
| Motor Naftero | 0.24 $m^3$ / HP / hora |
| Motor Diesel | 0,20 $m^3$ / HP / hora + gasoil |
| Grupo electrógeno | 0,9-1,2 $m^3$ / KW /hora |

### *Hornallas cerámicas*



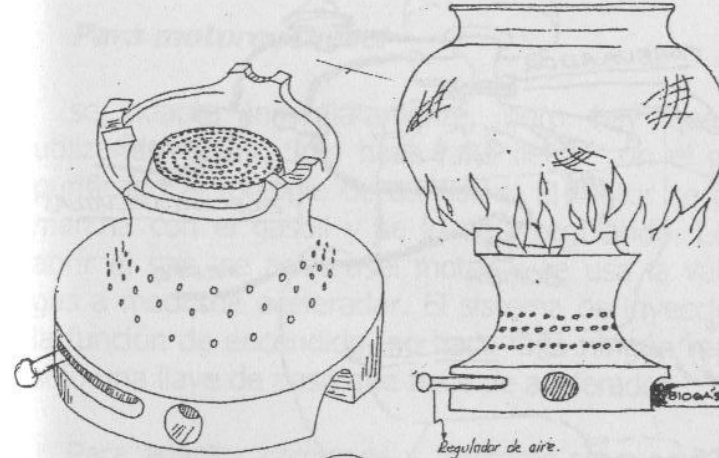
Para evitar la erosión de los quemadores por la presencia de ácido sulfídrico se usan las hornallas cerámicas. Se muestran algunos modelos de lo más comunes y la composición del material.

*Cocina de mesa con quemador incorporado*

Cerámica Negra

| | $Fe_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | MgO | $H_2O$ | PxC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arcilla Shudal | 3,21 | 60,08 | 17,75 | 1,01 | 2,98 | 4,15 | 10,09 |
| ArcillaEl Cumbe | 6,34 | 58,50 | 24,66 | 3,50 | 1,80 | 2,00 | 2,70 |
| San Ramón | 2,57 | 62,59 | 22,25 | 0,79 | 2,45 | 1,22 | 7,97 |



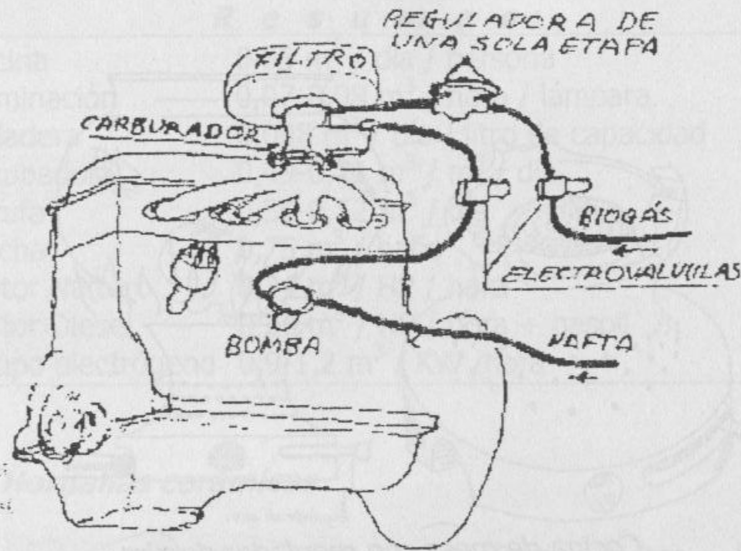



*Cocina de mesa con regulador de aire*

### *En motores nafteros*

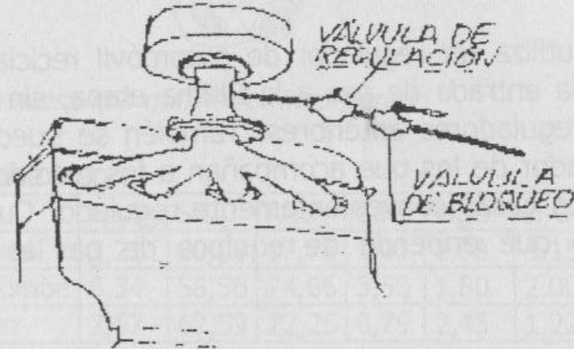
El biogás se puede usar del mismo modo que se utiliza el GNC en automóviles. Por supuesto que hay que revisar los Chiclers y la puesta a punto. Si usamos presiones de almacenaje menores, por ejemplo, para un grupo electrógeno a gas, la instalación es más sencilla, basta con un regulador de una sola etapa y las válvulas de corte.

Si se utiliza un regulador de automóvil reciclado, se conecta la entrada de gas a la última etapa, sin utilizar los dos reguladores anteriores. También se puede usar un regulador de los que acompañan a los medidores de gas de las casas convenientemente regulado. Cualquier mecánico que entiende de equipos de gas lo puede hacer.




*Motor a nafta adaptado a biogás*

Cuando se trata de un motor acoplado exclusivamente a una bomba o máquina que demanda siempre la misma potencia, no hay nada que regular, se instala con una manguera, una válvula de bloqueo y otra de regulación fija, se regula una vez y se la deja así. En este caso se regula en la primera puesta en marcha. Una vez regulado se saca la manija de ella y se usa otra válvula para arrancar y parar el motor.



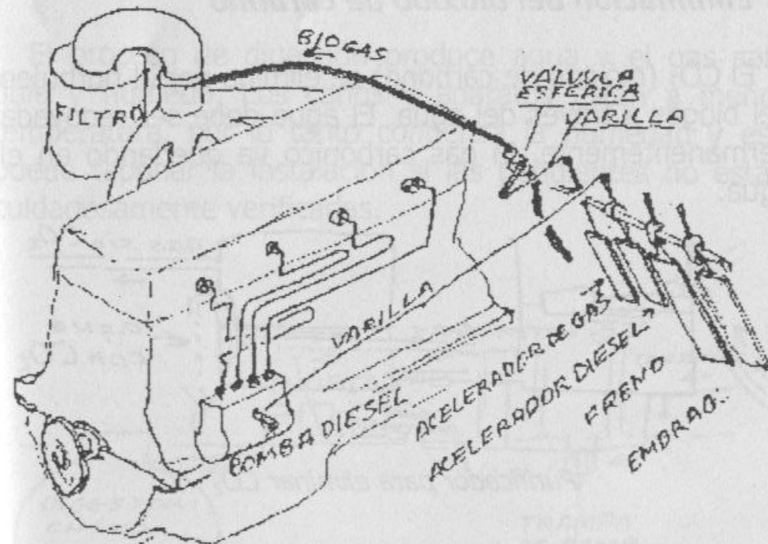

*Instalación con regulación fija*



## *Para motores Diesel*

se adapta inmediatamente, pero hay que seguir utilizando gasoil: Solo hace falta llegar con el gas bien purificado al múltiple de admisión. El motor se pone en marcha con el gasoil y se lo deja regulando. Luego, al abrir el gas, se acelera el motor y se usa la válvula de gas a modo de acelerador. El sistema de inyección hace la función de encendido, no hace falta ningún regulador, solo una llave de paso que hace de acelerador.

Para adaptar camiones y tractores se puede hacer la instalación de gas e instalar debajo del pie del conductor una válvula como acelerador de gas al lado del otro acelerador. En este caso se sigue utilizando gasoil, pero la adaptación del motor Diesel a gas es muy sencilla y barata, y el ahorro es grande. El consumo es 0.3 $m^3$ por HP por hora más el gasoil que consume el motor regulando.




*Adaptación de motor gasolero a biogás*

## *El compresor*

Para utilizar biogás en vehículos lo complicado es contar con un compresor capaz de llegar hasta 200 Atm. Pero para pequeñas cantidades (para dos o tres vehículos) se pueden usar los compresores que utilizan los buzos, que además vienen con motor naftero que se puede adaptar a biogás.

Lo peligroso es que la acidez del $SH_2$ puede corroer el tanque a presión. Para prevenir esto no basta con eliminarlo, pueden quedar trazas de él. Para mayor seguridad se recomienda agregar amoníaco al biogás (que también es combustible) para subir el pH. No importa cuan alto sea el pH no daña al acero, lo peligroso es que el pH del gas sea inferior a 7.

## *Eliminación del dióxido de carbono*

El $CO_2$ (dióxido de carbono) se elimina por el burbujeo del biogás a través del agua. El agua debe ser renovada permanentemente. El gas carbónico va quedando en el agua.

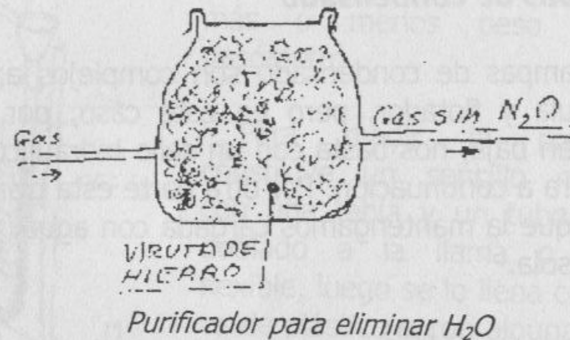



*Purificador para eliminar $CO_2$*



## *Eliminación del ácido sulfhídrico*

El $SH_2$ (ácido sulfhídrico) se puede eliminar haciendo pasar el gas por un recipiente con viruta de hierro o haciendo burbujear el gas por una solución de soda cáustica en la que ya se haya disuelto un poco de sulfuro de cobre.




*Purificador para eliminar $H_2O$*

## *Eliminación de humedad*

El proceso de digestión produce agua y el gas sale tibio y húmedo. Los caños y aparatos están a menor temperatura, por lo tanto condensa la humedad y eso puede taponar la instalación si las pendientes no están cuidadosamente verificadas.

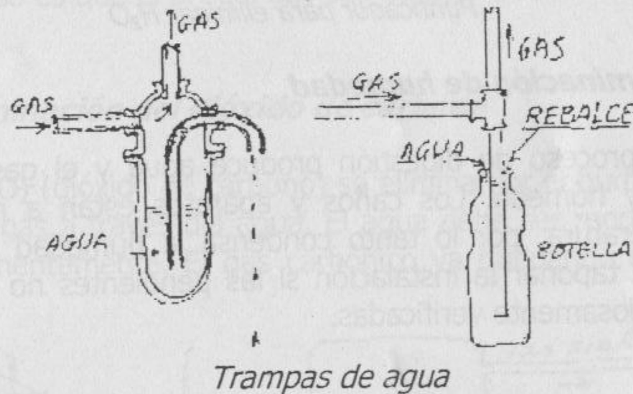



*Instalación que elimina el condensado*

El líquido condensado debe escurrir hacia el digestor, cuando esto sea posible. Si no es posible se puede instalar una trampa de agua en un lugar estratégico. Este "descubrimiento" que presentamos aquí es de lo más común en la industria. Lo típico es que las trampas de condensado estén en el final de los tramos horizontales y las pendientes descienden hacia las trampas.

### Trampas de condensado

Las trampas de condensado son complejos aparatos con válvula y flotador, pero en este caso, por ser la presión tan baja, nos basta con un sello hidráulico como se muestra a continuación. Por otra parte esta trampa no necesita que la mantengamos cargada con agua, porque se carga sola.




*Trampas de agua*

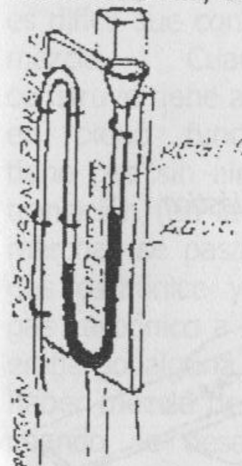
### La presión adecuada

Para biogás se utilizan quemadores con pico similar al que se utiliza para gas natural, pero con el agujero más grande.



La presión de trabajo que vamos a elegir es similar a la del gas natural, y para la presión que vamos a utilizar observamos la llama: Si se vuela restringimos el aire, si cerrando del todo el aire continúa volando, la presión es muy alta, hay que bajarla, si al bajar la presión la llama es muy chica agrandamos el agujero del pico, y así siguiendo. Si la presión es baja no salimos nunca de la llama amarilla, si es alta la llama nunca se deja de volar.

La presión se controla colocando más o menos peso sobre el gasómetro.

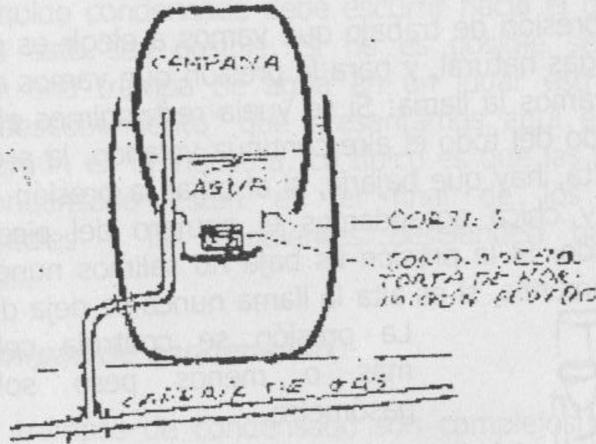


Para medir la presión se construye un sencillo manómetro con una tabla y un tubo de vidrio doblado a la llama o un caño flexible, luego se lo llena con agua si es de plástico o con alguna tinta que no mancha el vidrio. Con una reglita, que puede estar fija se mide la presión

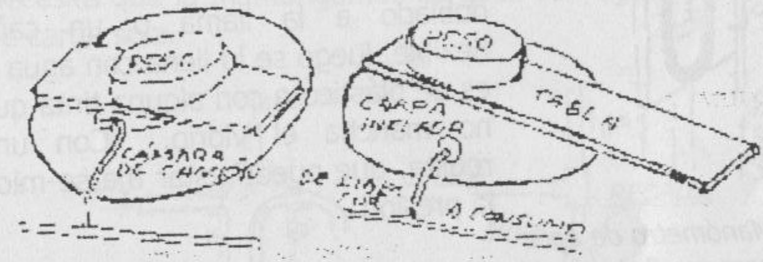
*Manómetro de agua para medir la presión*

### Gasómetro

Siempre hay que tener dónde guardar gas, porque el exceso de gas aumenta la presión del sistema y colapsa al digestor que termina expulsando gas por la boca de entrada o salida. El gasómetro es un recipiente de volumen variable en función de la cantidad de gas y que, además, mantiene la presión constante. Normalmente se construyen de chapa de hierro y muy pronto se oxidan por el $H_2S$ del gas. Conviene construirlo con tambores de plástico como se indica en el dibujo.




*Gasómetro de tambores de plástico*




*Variantes de gasómetro*

La presión del gas depende del peso de la campana. Si queremos una presión de 100 mm de columna de agua, eso equivale a 0.01 Kg. / $cm^2$, el peso de la campana debe ser:

Peso (Kg.) = 0.01 x superficie ($cm^2$).

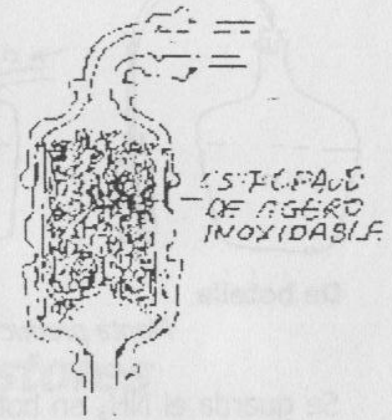
Por ejemplo: Para un diámetro de 60 cm tenemos una superficie de 2.840 $cm^2$ y el peso será 28,4 Kg.



***Arresta-llama***

Es poco probable que el digestor y la instalación exploten porque se introduce la llama dentro en ellos.

Eso sucede cuando las instalaciones contienen mezcla de aire y gas; pero es difícil que contengan esa mezcla. Cuando se construye tiene aire sin gas, en pleno funcionamiento tiene gas sin aire, y en la transición (en la puesta en marcha) se pasa de aire a gas carbónico y luego de gas carbónico a biogás. Sin embargo alguna vez puede haber mezcla de aire y gas cuando se desarma y se vuelve a armar algo por mantenimiento.



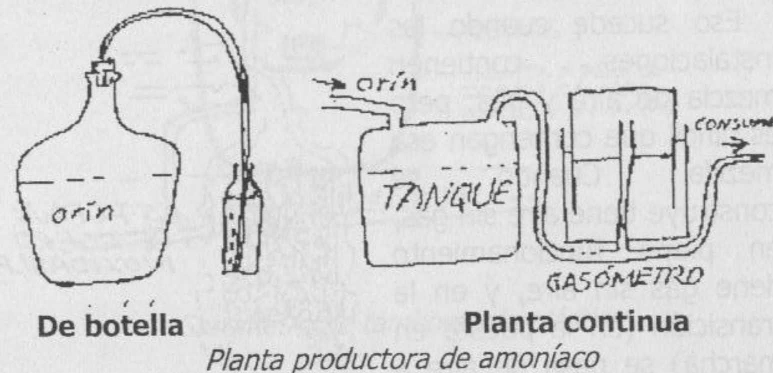
*Arresta-llama*

Los arresta-llamas detienen la propagación del fuego por los caños, quedando la llama encendida en un lugar sin que se desplace y haga explotar otras cosas. Funciona bajo el principio de que las llamas no pasan por agujeros pequeños. Las hornallas de las cocinas son arresta-llamas: Si se agranda alguno de sus agujeros pasa la llama hasta el pico. El arresta-llama no es más que un estropajo de acero inoxidable o de bronce metido dentro del caño.

***Producción de amoníaco.***

Es fácil producir amoníaco si se cuenta con orín. En pequeñas cantidades se guarda el orín en una

damajuana y se la expone al sol con un tapón de donde sale una manguera. El extremo de la manguera va sumergido en un recipiente con agua; ésta absorbe las burbujas de $NH_3$ hasta que se satura. Cuando esto sucede las burbujas estallan en la superficie, en ese momento se cambia el recipiente con agua.




**De botella** **Planta continua**

*Planta productora de amoníaco*

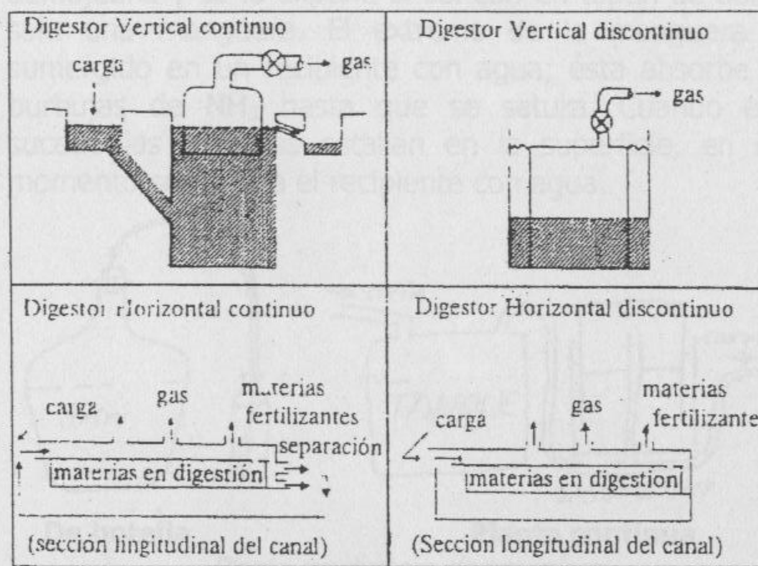
Se guarda el $NH_3$ en botellas tapadas, y para volver a gas se calienta el agua y evapora el amoníaco. También se puede acumular en estado gaseoso en un gasómetro o en el mismo gasómetro del biodigestor. En este caso el gasómetro puede ser de metal.



# V- Tipos de digestores

En general hay cuatro tipos de digestores. Atendiendo al diseño pueden ser horizontales o verticales. Atendiendo al tipo de proceso empleado podemos encontrar dos tipos, los de carga continua y los de carga discontinua. Los de carga continua son aquellos que son cargados y descargados en forma regular y periódica, de tal manera que la producción de gas y fertilizante es permanente.

En los de carga discontinua el ciclo de producción puede ser reiniciado una vez que la carga ha sido retirada del todo.

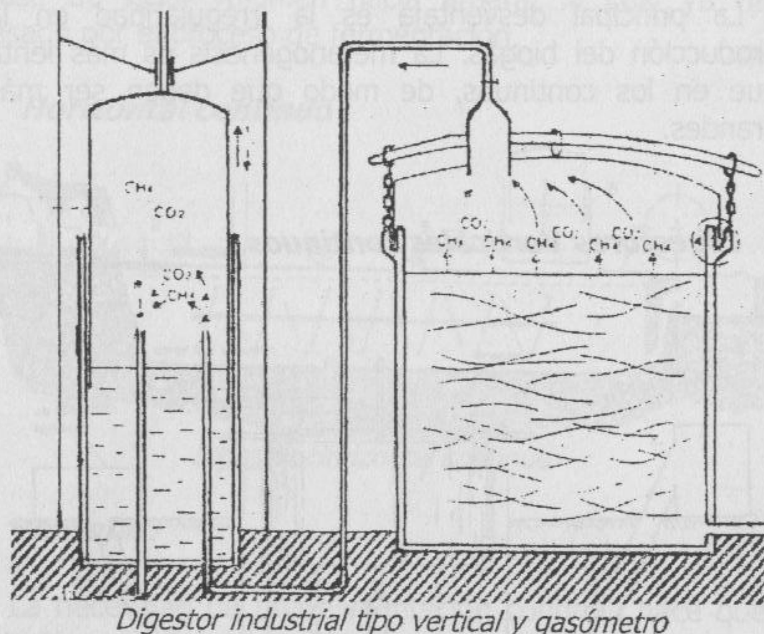



## Digestores verticales discontinuos.

Este tipo de digestor ha sido desarrollado principalmente en las zonas rurales de India y China; de ahí que los aspectos dominantes de su tecnología sean especialmente adecuados para regiones con recursos y necesidades similares.

También es muy utilizado en Francia, donde hay literatura debido a los trabajos de Isman y Ducellier que son una muestra significativa. Como el medio agrícola francés se caracteriza por los cultivos, más que por la crianza de animales, este digestor está generalmente adaptado para el tratamiento de desechos vegetales.






*Digestor industrial tipo vertical y gasómetro*

### Ventajas:

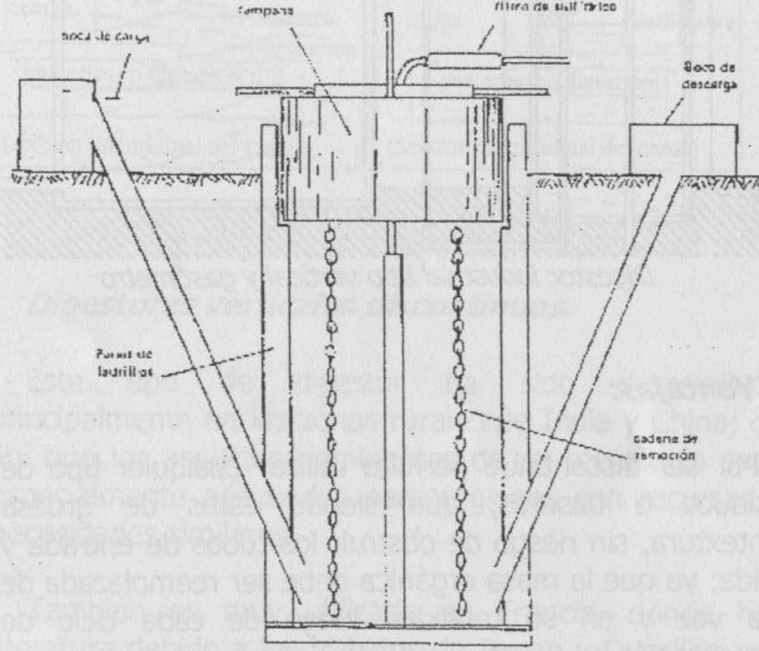
Por ser discontinuo permite utilizar cualquier tipo de residuos o basuras, aún siendo éstos de gruesa contextura, sin riesgo de obstruir los tubos de entrada y salida; ya que la masa orgánica debe ser reemplazada de una vez y en su totalidad luego de cada ciclo de fermentación.

Una vez realizada la carga, este tipo de digestor no requiere atención alguna sino hasta el final del ciclo. Además no es necesario controlar la temperatura ya que la prefermentación asegura una temperatura elevada, siempre y cuando el digestor tenga una buena aislación.

***Desventajas:***

La principal desventaja es la irregularidad en la producción del biogás. La metanogénesis es más lenta que en los continuos, de modo que deben ser más grandes.

***Digestores Verticales continuos.***



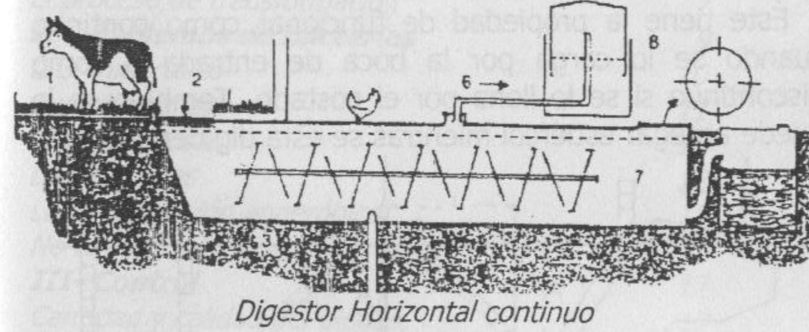

*Digestor vertical continuo Tipo Hindú*

Para operarlos es necesario diluir la materia prima en agua hasta obtener una masa de consistencia similar a una crema. con esta mezcla se alimenta diariamente el digestor. Cada nueva carga que se realiza empuja una



masa de igual volumen hacia afuera, la cual ya ha pasado por el proceso de fermentación.

***Horizontal continuo***




*Digestor Horizontal continuo*

***Ventajas:***

La necesidad de una alimentación continua hace que este tipo de digestores sea particularmente apto para la obtención de gas y bio-fertilizantes en forma continua. Requieren sembrado de bacterias solamente la primera vez. El proceso de fermentación es más corto, por lo que se requiere un tanque menor que el discontinuo.

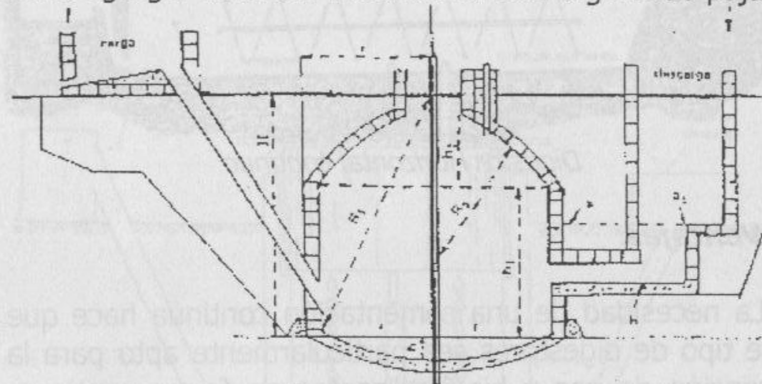
***Desventaja:***

Este tipo de digestor es altamente sensible a los cambios de temperatura ambiental, lo cual hace que haya una alta oscilación en los rendimientos totales. Una forma de solucionar este problema es la de utilizar parte del biogás producido para mantener constante temperatura interna del digestor. Esto se compensa largamente, en términos de producción, con la cantidad de gas que se obtenga, ya que a un aumento interno de 11º C le corresponde uno de 50% en la producción de gas.

La producción de biogás se estima normal en cantidades de $1 m^3$ de gas diario / $m^3$ de cuba.

### *Digestor chino*

Éste tiene la propiedad de funcionar como continuo cuando se lo carga por la boca de entrada o como discontinuo si se lo llena por el costado. También se le puede agregar estiércol mientras se está digiriendo paja.



*Típico digestor chino*

| Volumen $m^3$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Total | Carga | L | r | H | $R_1$ | h | $h_1$ | $R_2$ | $H_2$ |
| 7,60 | 6,14 | 6,60 | 1,20 | 2,20 | 2,55 | 0,30 | 1,20 | 1,50 | 0,60 |
| 9,84 | 7,78 | 6,80 | 1,30 | 2,30 | 2,66 | 0,32 | 1,30 | 1,60 | 0,70 |
| 12,46 | 9,72 | 7,00 | 1,40 | 2,40 | 2,96 | 0,35 | 1,40 | 1,70 | 0,80 |
| 14,80 | 11,23 | 7,20 | 1,50 | 2,50 | 3,21 | 0,37 | 1,50 | 1,80 | 0,90 |
| 19,01 | 14,51 | 7,40 | 1,60 | 2,60 | 3,46 | 0,40 | 1,60 | 1,90 | 1,00 |

| Material | I Volumen del digestor | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 10 $m^3$ | 15 $m^3$ | 20 $m^3$ | 25 $m^3$ |
| Ladrillos | 1.400 | 1.900 | 2.400 | 3.800 |
| Cemento | 6 bolsas | 8 | 12 | 16 |
| Cal bolsas | 6 | 8 | 12 | 16 |
| Aren $m^3$ | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Piedra part. | 1 $m^3$ | 1,5 | 2 | 3 |



## Í N D I C E

***I- Introducción*** 3
*La producción de biogás.* 4
*Y de yapa.* 4
*En China: Más que una moda.* 6
*El proceso de transformación* 7
***II- Hablemos de bacterias*** 9
*Casi inmortales* 10
*Superbacterias* 11
*Las asquerosas* 12
*Las delicadas* 12
*La fermentación anaeróbica* 13
*No tan así* 15
***III- Control*** 17
*Cantidad y calidad del biogás.* 17
*El material usado* 18
*La temperatura* 18
*Concentración adecuada* 21
*Proporción C / N* 23
*Control de pH* 23
*Modos de agitación* 24
*Régimen de carga* 26
*Proceso de Batch o bacheo* 27
*Discontinuo* 29
*Continuo* 30
*Preparación de la carga* 31
***IV- Características del biogás*** 33
*Composición del biogás* 33
*Aplicaciones del biogás* 34
*Hornallas cerámicas* 36
*En motores nafteros* 37
*Para motores Diesel* 39
*El compresor* 40
*Eliminación del dióxido de carbono* 40
*Eliminación del ácido sulfhídrico* 41
*Eliminación de humedad* 41
*Trampas de condensado* 42
*La presión adecuada* 42
*Gasómetro* 43

*Arresta-llama* 45
*Producción de amoníaco.* 45
***V- Tipos de digestores*** 47
*Digestores verticales discontinuos.* 48
*Ventajas:* 49
*Desventajas:* 50
*Digestores Verticales continuos.* 50
*Horizontal continuo* 51
*Ventajas:* 51
*Desventaja:* 51
*Digestor chino* 52





COLECCIÓN PERMACULT

**Cómo tratar a la tierra:** Sobre explotar la tierra con fertilidad cre corregir las tierras. Plantas indicadoras.
**Labranza Cero:** Sin puntear, sin arar, sin sacar pasto, malezas, á raíces. En pequeñas y grandes extensiones. Permacultura con máq
**Intercultivos:** Plantas enemigas, plantas compañeras. Varias ex misma superficie. Tablas de afinidades. Relación entre familias.
**Siembra Poda Injerto:** Claves de la siembra, enfermedades de r injertos: Cómo y porqué se hacen y cómo y porqué dejar de hacerl
**Control de Plagas:** Plantas e insectos que custodian, insectos posible pactar. Los insectos de cada planta y quien los repele.
**Huerta Urbana:** Cultivar en techos, árboles, paredes, interiores, y rincones. Hidroponía sustentable.
**La basura: Todos los reciclajes:** Reciclaje de basura orgánica reciclaje de plásticos, pilas. Para la casa y para la ciudad.
**Bacterias para la Salud:** Las bacterias limpian, desodorizan, des salud y conservan alimentos. Higiene sin detergente, lav Conservación de alimentos sin frío.

**Refrigeración y Calefacción solar:** Cuanto más Sol más frío. A del frío y el calor.
**Uso y reciclaje del agua:** Captación, selección, conservación y Baños secos. Purificación del agua con plantas acuáticas.
**Autoconstrucción:** Construcción con materiales del lugar y de tierra compactada, fardos de pasto, Bambú, Fibras Naturales, Suel
**El calor del Sol:** Calefones, hornos y cocinas solares. Deta Destiladores de alto rendimiento.
**Hornos y cocinas de barro. Cocinar sin fuego:** Modelos de Construcción y uso. Alternativas para ahorrar y para no consumir c
**Biogás:** Cálculo y diseño de digestores. Purificación y almacena motores. Instalación. Digestor de barro móvil.
**Energía Solar de bajo costo:** Nociones básicas de energía, trab electricidad. Energía eléctrica solar de bajo costo. Cálculos, instala
**Energía Eólica e Hidráulica de bajo costo:**. Transformación b de motores en generadores. Cálculos de potencias y costos.
**Cría de animales pequeños:** gallinas, conejos, patos, gansos, p
**Apicultura hogareña:** Construcción de colmenas, instalacione Manejo y multiplicación de núcleos.

**Libros en preparación**
**Producción de hongos:** Champiñón, Girgolas, Shitake. Producci
**Acuacultura:** Peces, langostinos, caracoles, plantas acuáticas, al

**Otros libros del mismo autor**
**Algo sobre Energía Nuclear:** El autor trabajó en el diseño del de la Central Atómica Río III. Hoy pone aquí una descripción senc
**La Sociedad de los Zombis** Ensayo desestabilizador de usos crítica exagerada a la sociedad de consumo